

ANALISIS PENENTUAN POSISI SELTER ALTERNATIF DAN PEMODELAN JALUR EVAKUASI BENCANA TSUNAMI BERBASIS GEOSPATIAL INTELLIGENCE (STUDI KASUS: KABUPATEN PANGANDARAN)

ANALYSIS OF DETERMINING ALTERNATIVE SELTER POSITION AND MODELLING OF TSUNAMI DISASTER EVACUATION ROUTE BASED ON GEOSPATIAL INTELLIGENCE (CASE STUDY: PANGANDARAN DISTRICT)

Hilman Putra Sandrika¹, Syamsul Maarif², Makmur Supriyatno³

Universitas Pertahanan

(Hilmansandrika@gmail.com, maarif.syamsul73@gmail.com, cemput25@yahoo.co.id)

Abstrak – Tsunami merupakan bencana alam yang paling memakan banyak korban jiwa. Diperlukan langkah mitigasi untuk mengurangi risiko bencana tsunami. Pada penelitian ini, dilakukan analisis penentuan posisi selter alternatif dan pemodelan jalur evakuasi berbasis Geospatial Intelligence (Geoint) dengan objek penelitian Kabupaten Pangandaran. Proses penelitian ini diawali dengan melakukan simulasi inundasi tsunami dengan magnitude 9 SR. Selanjutnya mencari lokasi-lokasi rawan bencana tsunami. Lalu dilakukan analisis untuk menentukan posisi-posisi selter alternatif. Terakhir yakni memodelkan jalur terpendek dari selter evakuasi menuju lokasi rawan. Hasil dari penelitian yakni berupa pemodelan inundasi/genangan tsunami dengan gempa berkekuatan 9 SR. Pemodelan inundasi dimodelkan menjadi 5 klasifikasi berdasarkan tinggi genangan, yakni genangan setinggi 0-1,51 meter, 1,51-3 meter, 3,01- 4,3 meter, 4,31-5,8 meter, dan 5,81-7,25 meter. Berdasarkan hasil dari pemodelan inundasi, didapatkan sejumlah 67 lokasi rawan bencana dan posisi selter sebanyak 42 dengan 2 tempat tidak memiliki wilayah yang masih dalam jangkauan tsunami. Hasil akhir dari penelitian ini yakni model jalur evakuasi sebanyak 67 buah. Hasil tersebut disajikan melalui tampilan analisis Geoint versi statis berupa peta dan versi dinamis Web.

Kata Kunci: Geospatial Intelligence, Selter Evakuasi, Jalur evakuasi, Inundasi, Tsunami.

Abstract – A tsunami is a natural disaster that takes the most lives. Mitigation is needed to reduce the risk of a tsunami disaster. In this research, an analysis of the determination of the position of alternative selter and modeling of evacuation routes based on Geospatial Intelligence (Geoint) located in the Pangandaran Regency. Systematics of this research, this research was begun by conducting tsunami inundation simulations with magnitude 9 SR. Then find for vulnerable locations to the tsunami disaster. An analysis was carried out to determine alternative selter positions. The last is modeling the shortest path from the evacuation selter to the vulnerable locations. The results of this research are the model of tsunami inundation with 9 SR. Inundation model is modelled into 5 classifications based on inundation height 0-1,51 meters, 1,51-3 meters, 3,01- 4,3 meters, 4,31-5,8 meters, and 5,81-7,25 meters. Based on the results of the inundation modeling, there were 67 vulnerable locations and as many as 45 selters with 2 places not having areas that were still within the reach of the tsunami. The final result of this research, there 67 evacuation route models. The models are presented through static versions in maps and dynamic versions on the web

¹ Program Studi Teknologi Penginderaan Universitas Pertahanan.

² Program Studi Manajemen Bencana Universitas Pertahanan.

³ Program Studi Teknologi Penginderaan Universitas Pertahanan.

Keywords: Geospatial Intelligence, Evacuation Selter, Evacuation Route, Inundation, Tsunami.

Pendahuluan

Indonesia menjadi negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau kurang lebih 17.504 pulau⁴. Ditinjau dari segi geografis, Indonesia diapit oleh dua samudra yaitu Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, dan diapit oleh dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia. Hal-hal tersebut berpengaruh pada perkembangan dinamika lingkungan strategis yang bergerak dengan tinggi. Seiring dengan perubahan zaman, dinamika tersebut mengembangkan bentuk dan pola ancaman yang multidimensional. Sekarang bentuk ancaman dapat dikategorikan sebagai ancaman militer, nonmiliter, maupun hibrida yang dibagi ke dalam ancaman nyata maupun belum nyata⁵.

Kalau berbicara dimensi ancaman, maka langkah konkret yang perlu dilakukan adalah penguatan sistem pertahanan. Ilmu pertahanan pada

dasarnya saling terkait dengan disiplin ilmu lainnya. Adanya antar disiplin ilmu, yaitu kolaborasi antara disiplin ilmu pertahanan dan disiplin ilmu lainnya ini diharapkan mampu meningkatkan efektifitas dalam upaya pencapaian tujuan nasional maupun perlindungan kepentingan nasional⁶. Salah satu upaya pencapaian kepentingan nasional yaitu dengan cara meminimalisir bencana alam.

Salah satu bencana alam yang paling memakan banyak korban jiwa yaitu bencana alam tsunami. Dalam kurun waktu dari tahun 1600 sampai tahun 2007, telah terjadi 172 bencana alam tsunami di Indonesia⁷. Tidak heran jika Indonesia menduduki peringkat nomor dua sebagai negara yang paling sering dilanda tsunami atau 9% kejadian tsunami di dunia merupakan berasal dari Indonesia⁸.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam menghadapi bencana alam yakni dengan langkah mitigasi.

⁴ Badan Pusat Statistik, "Luas Daerah dan Jumlah Pulau Menurut Provinsi 2002-2016", Dalam <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/05/1366/luas-daerah-dan-jumlah-pulau-menurut-provinsi-2002-2016.html>, 5 September 2014, diakses pada 15 April 2019.

⁵ Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, *Doktrin Pertahanan Negara*, (Jakarta: 2014).

⁶ Makmur Supriyanto, *Tentang Ilmu Pertahanan*, (Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia, 2014).

⁷ Badan Nasional Penanggulangan Bencana, *Risiko Bencana Indonesia*, (Jakarta: 2016), hlm. 62.

⁸ Aris Pratomo dan Iwan Rudiarto, "Permodelan Tsunami dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana di Kota Palu", *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, Vol 9(2), 2013, hlm 174-182.

Upaya mitigasi merupakan hal yang sangat penting untuk mengurangi risiko bencana alam tsunami di Indonesia. Jenis upaya mitigasi dalam menghadapi tsunami pada penelitian ini yakni dengan analisis penentuan posisi selter alternatif dan analisis pemodelan jalur dari titik rawan bencana menuju tempat evakuasi. Model dapat ditinjaklanjuti baik oleh Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG) maupun Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dalam sebuah model berbasis Geospasial Intelligence (Geoint).

Dalam evakuasi, diperlukan petunjuk arah menuju tempat evakuasi dengan perpindahan seminimal mungkin khususnya untuk wisatawan ataupun pengunjung suatu daerah yang masih belum mengetahui tempat menuju evakuasi. Agar perpindahan dilakukan seminimal mungkin, maka letak selter haruslah berada pada jarak yang seminimal mungkin dari titik rawan bencana. Sementara jumlah selter di Pangandaran sendiri yang menjadi objek penelitian hanya berjumlah satu buah

selter yang terletak di Pasar Wisata Pangandaran⁹.

Maka dari itu, diperlukan analisis penentuan posisi selter alternatif untuk menampung pengungsi sebagai solusi alternatif dari ketiadaan selter utama. Setelah itu dibuat jalur evakuasi dari titik-titik rawan bencana terpilih menuju tempat evakuasi dalam bentuk selter alternatif. Metode yang digunakan yaitu mengaplikasikan teknologi Sistem Informasi Geografis menggunakan metode Network Analyst yang terdapat pada software ArcGIS. Network analyst merupakan suatu perangkat yang digunakan dalam menganalisis spasial berupa analisis jaringan. Salah satu pemanfaatannya yakni menganalisis setiap opsi jalur untuk mendapatkan jalur optimal dari titik awal ke titik tujuan¹⁰.

Daerah yang menjadi objek penelitian ini yaitu pada bagian pesisir selatan Pulau Jawa, tepatnya pada Kabupaten Pangandaran. Pesisir Selatan pulau Jawa merupakan daerah yang mempunyai zona subduksi atau pertemuan antar dua lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang luas¹¹. Zona

⁹ Sumariyah, "Mitigasi Tsunami", dalam <https://bpbpd.pangandarankab.go.id/news/mitigasi-tsunami/>, diakses pada 1 September 2019.

¹⁰ Sigit Sutikno, "Kajian Penentuan Lokasi Selter untuk Evakuasi Tsunami Berdasarkan Analisis

Service Area di Kota Pacitan", Jurnal Sains dan Teknologi, vol 11(2), 2012.

¹¹ Sofyan Rahmawan, "Studi Potensi Bahaya Tsunami di Selatan Jawa", Tim Publikasi

subduksi perlu dikaji karena pada zona tersebut merupakan zona yang menyebabkan terjadinya gempa bumi maupun tsunami. Salah satu daerah yang dilewati oleh zona subduksi tersebut salah satunya adalah daerah Pesisir Kabupaten Pangandaran.

Kabupaten Pangandaran merupakan Kabupaten yang cukup terkenal. Pada tahun 2016, terdapat 2.459.096 pengunjung yang mengunjungi tempat wisata di Kabupaten Pangandaran. Dari sejumlah pengunjung tersebut, 56 persen mengunjungi wisata Pantai Pangandaran¹². Hal tersebut menjadi bukti bahwa Pantai Pangandaran menjadi bagian dari destinasi tempat wisata favorit.

Metode Penelitian

Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah metode campuran (mixed methods). Mixed Methods adalah suatu metode penelitian yang mengkombinasikan metode penelitian kuantitatif dan metode penelitian

kuantitatif¹³. Kelebihan metode ini adalah metode ini dapat menjawab pertanyaan yang tidak dapat dijawab oleh penelitian kuantitatif dan kualitatif.

Jenis *mitxed methods* yang peneliti gunakan yakni *mixed methods* dengan pendekatan *eksplanatoris sekuensial*. Pengertian *eksplanatoris sekuensial* yakni mengumpulkan data-data lalu menganalisis data kuantitatif terlebih dahulu, kemudian diperkuat oleh data-data kualitatif¹⁴. Penelitian ini akan menghasilkan model posisi selter dan rute evakuasi berbasis *Geoint*, dimana hal tersebut merupakan hasil dari analisis data kuantitatif. Lalu untuk membahas model tersebut serta teknis pelaksanaan mitigasi, diperlukan data-data kualitatif yang akan didapatkan melalui wawancara.

Pada dasarnya, analisis proses pada umumnya dimulai dari tahap, pengumpulan data, melaksanakan analisis data, dan evaluasi data. Pada penelitian ini terdapat empat garis besar analisis yang dilakukan. Analisis tersebut antara

Program Studi Meteorologi Institut Teknologi Bandung, 2012.

¹² Badan Pusat Statistik Jawa Barat. "Jumlah Kunjungan Wisatawan ke Objek Wisata". Retrieved from [https://jabar.bps.go.id/statictable/2018/03/23/475/jumlah-kunjungan-wisatawan-](https://jabar.bps.go.id/statictable/2018/03/23/475/jumlah-kunjungan-wisatawan-keobyekwisata.html)

[keobyekwisata.html](https://jabar.bps.go.id/statictable/2018/03/23/475/jumlah-kunjungan-wisatawan-keobyekwisata.html), diakses tanggal 15 April 2019.

¹³ John Creswell, *Research Design. Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed* (Edisi Ketiga), (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2010).

¹⁴ John Creswell, *Research Design. Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed* (Edisi Ketiga), (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2010).

lain analisis daerah terdampak inudansi/gangguan, analisis penentuan lokasi-lokasi strategis yang mempunyai dampak bencana yang tinggi, analisis penentuan posisi-posisi shelter alternatif, dan analisis jalur evakuasi optimal dari lokasi strategis yang terdampak bencana tsunami menuju tempat evakuasi.

Hasil dan Pembahasan

Model Inundasi Tsunami Kabupaten Pangandaran

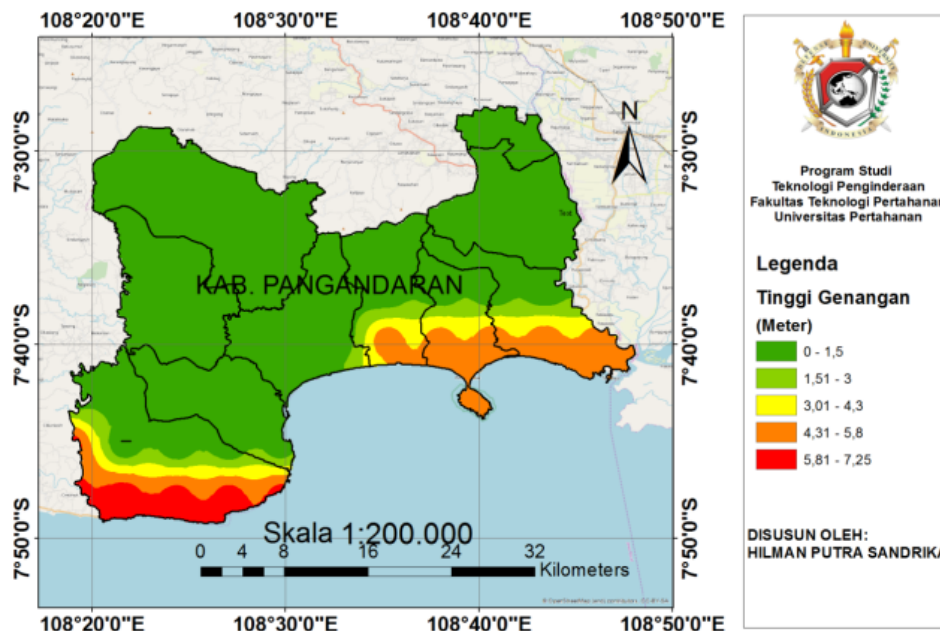
Pemodelan untuk Inundasi Tsunami membutuhkan tiga perangkat lunak untuk pengolahan data. Secara sistematis, perangkat lunak pertama yang digunakan adalah perangkat lunak GeoDAS. GeoDAS merupakan perangkat lunak yang menyediakan database kebumihan serta mempunyai kemampuan pengukuran gempa bumi, seismik, strutural, dinamis dan statis.

Perangkat lunak GeoDAS digunakan untuk memanggil serta menggambarkan topografi berupa batimetri daerah yang dikaji. Dalam pengambilan data batimetri, diperlukan input batasan daerah yang akan dikaji. Dalam pencarian data batimetri, data batimetri tersebut dianalisis melalui Software Geodas. Data batimetri yang didapatkan mempunyai format.xyz. Sementara untuk parameter

gempabumi, terdapat nilai koordinat, episenter, hiposenter, kekuatan gempabumi (magnitude), dan parameter bidang patahan.

Batasan daerah penelitian yang diambil dalam peneltian ini yakni berada pada koordinat 6° LS-10° LS dan 105 ° BT-109° BT. Batas disebut dipilih sebagai batasan penelitian karena dalam batasan tersebut terdapat titik koordinat dalam pemodelan inundasi tsunami.

Tsunami-L merupakan perangkat lunak yang diciptakan oleh Profesor Nakamura dari Jepang. Tujuan diciptakan perangkat lunak ini adalah untuk mensimulasikan penjalaran gelombang tsunami dan menciptakan skenario inundasi tsunami dengan memainkan variabel magnitude, koordinat bidang patahan, data batimetri gempa bumi, dan beberapa variabel lainnya. Lalu perangkat lunak ArcGIS berfungsi dalam mengubah data inundasi dari bentuk tabel menjadi bentuk spasial. Data inundasi yang sebelumnya masih berformat. Data harus dikonversi menjadi format .CSV agar dapat dimasukkan ke dalam perangkat lunak ArcGIS. Data tersebut dipotong sehingga data Inundasi hanya mencakup



Gambar 1. Model Inundasi/Genangan Tsunami
Sumber: Diolah Peneliti, 2020

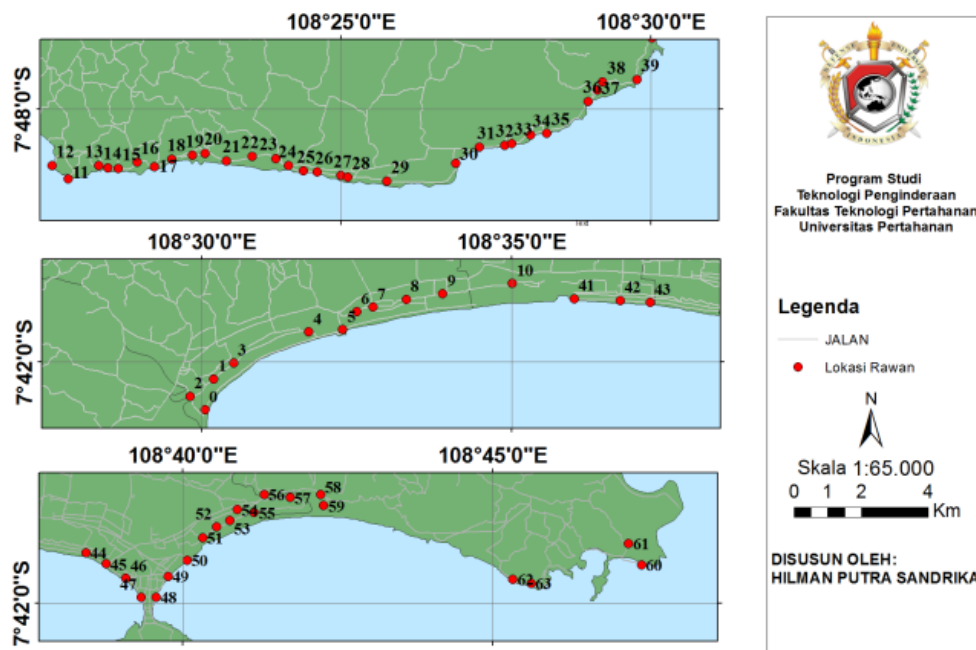
wilayah Pangandaran. Lalu dengan Tools Analisis Spasial, data yang semula berupa titik inundasi diproses sehingga menjadi data spasial. Selanjutnya, data diinterpolasi sehingga menghasilkan model inundasi seperti Gambar 1.

Hasil Analisis Penentuan Posisi Rawan Tsunami

Data raster dikonversi menjadi data titik menggunakan Tools Raster to Point pada aplikasi ArcGIS. Hasil yang didapat berupa data berformat Shp dimana terdapat tabel yang berisi titik koordinat dan ketinggian. Proses selanjutnya yakni proses eliminasi data. Titik-titik yang memiliki ketinggian lebih dari ketinggian inundasi akan dieliminasi. Sementara data yang memiliki ketinggian kurang dari inundasi akan dipertahankan untuk diproses ke tahap selanjutnya.

Data yang telah difilter, kemudian disesuaikan dengan kepadatan penduduk pada suatu daerah. Jika suatu titik telah memenuhi kriteria sebagai titik yang terkena paparan tsunami tetapi tidak memiliki kepadatan penduduk, maka daerah tersebut tidak akan dipilih sebagai titik rawan tsunami. Untuk menentukan titik yang memiliki kepadatan, maka diperlukan citra resolusi tinggi dimana selanjutnya citra tersebut diinterpretasi agar lokasi-lokasi yang memiliki kepadatan tinggi. Daerah-daerah yang dipilih dapat berupa suatu desa yang memiliki kepadatan rumah, sekolah, atau fasilitas umum yang biasa digunakan masyarakat. Selain itu, dipilih juga tempat-tempat wisata di bibir pantai.

Tahap selanjutnya yakni tahap validasi data. Tahap validasi data dilakukan dengan mengunjungi



Gambar 2. Model Spasial Titik-titik Lokasi Rawan Bencana Tsunami
 Sumber: Diolah Peneliti, 2020

koordinat-koordinat yang telah dipilih sebagai daerah rawan tsunami. Dari hasil analisis penelitian, ditemukan 63 lokasi rawan bencana tsunami di Kabupaten Pangandaran yang tersebar pada beberapa desa.

Hasil Analisis Penentuan Selter Evakuasi Kabupaten Pangandaran

Terdapat beberapa upaya mitigasi dalam menghadapi bencana tsunami, yakni pengadaan selter maupun jalur evakuasi. Selter yang dibangun khusus untuk Tempat Evakuasi Sementara (TES) yaitu selter vertikal, diutamakan selter yang dipilih merupakan selter yang dibangun untuk difungsikan sebagai

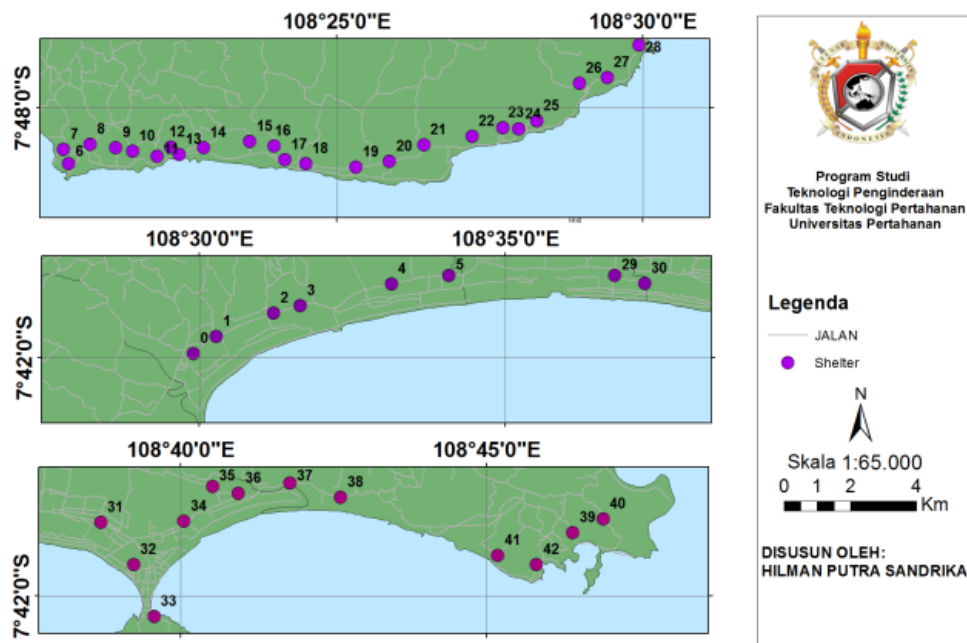
tempat evakuasi tsunami dimana selter tersebut memiliki ketinggian minimal 3 meter dan konstruksi yang tahan gempa maupun tsunami¹⁵.

Tetapi, pembangunan selter utama memakan biaya yang relatif besar, sehingga jumlahnya akan terbatas. Jika selter tersebut tidak dapat menjangkau seluruh lapisan masyarakat, maka solusi untuk menggantikan selter tersebut adalah harus adanya tempat evakuasi alternatif atau dapat disebut selter alternatif¹⁶.

Sistematika penentuan selter evakuasi diawali dengan data ketinggian. Diperlukan data ketinggian berupa DEM berbentuk raster untuk menentukan

¹⁵ Budiardjo, *Evacuation Selter Building Planning for Tsunami-prone Area: a Case Study of Meulaboh City, Indonesia*, (Program Magister Fakultas Geo-information Science and Earth Observation, University of Twente: 2006)

¹⁶ Prihantoro, D., Sagala Saut A.H.2014." Perencanaan Evakuasi Tsunami Menggunakan Selter Vertikal di Kelurahan Cilacap, Kecamatan Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, Vol 3(1).



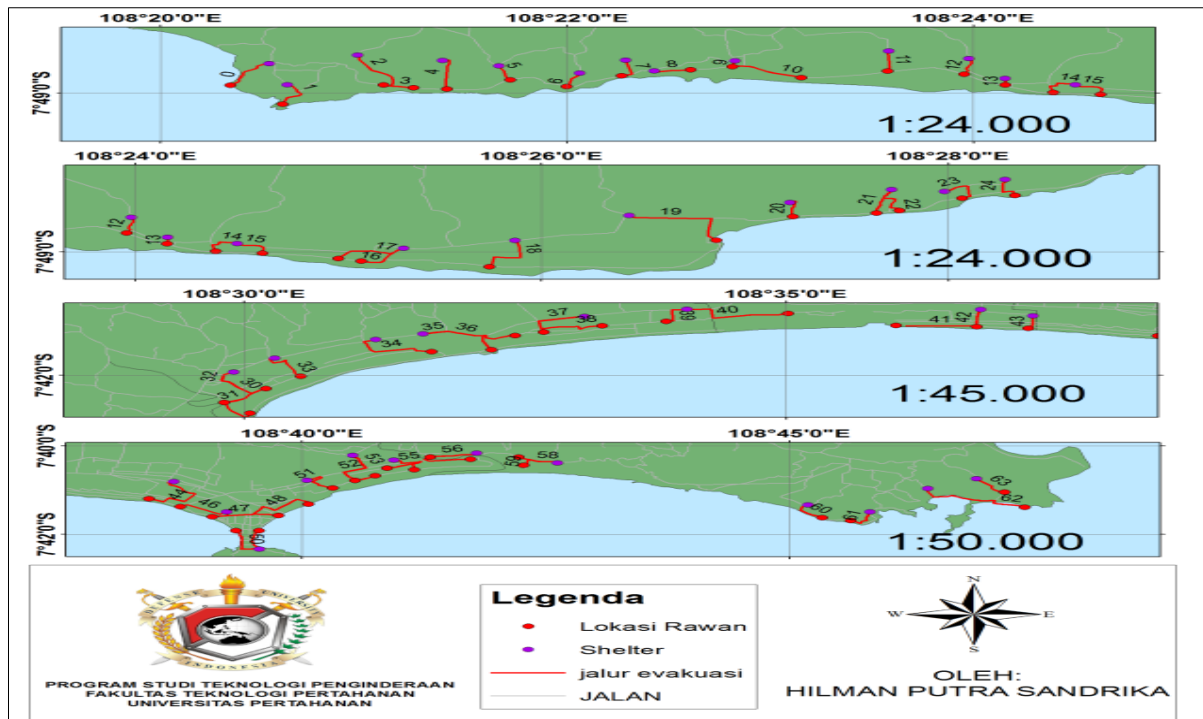
Gambar 3. Model Spasial Selter-selter Evakuasi Tsunami
 Sumber: Diolah Peneliti, 2020

selter evakuasi. Analisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.3. Data raster yang telah diubah menjadi data point/titik, difilter dengan kriteria data yang dipilih merupakan data yang berada pada daerah inundasi tsunami. Setelahnya difilter kembali dimana data yang digunakan yang titik yang berada pada ketinggian lebih tinggi dari inundasi tersebut. Tinggi inundasi tertinggi pada simulasi yang telah dilakukan adalah 7,25 meter. Namun peneliti memilih lokasi dengan ketinggian minimal 20 meter sebagai daerah yang aman dari inundasi tsunami. Keputusan peneliti didukung oleh pendapat Harris, yang menghimbau masyarakat untuk mengungsi pada tempat dengan ketinggian minimal 20 meter.

Lokasi-lokasi tersebut juga disesuaikan dengan beberapa aspek,

diantaranya jarak yang mampu dijangkau oleh masyarakat dari berbagai usia. Panjang maksimal jalur yang dibuat diharapkan kurang dari 500 meter dari lokasi rawan tsunami yang telah dimodelkan. Namun pada kenyataannya beberapa selter memiliki jarak lebih dari 500 meter namun kurang dari 1 kilometer. Terdapat dua lokasi rawan bencana yang tidak dapat menjangkau ketinggian 20 meter. Maka dari itu, pada lokasi tersebut akan menjadi saran untuk pembangunan selter evakuasi yang dibangun khusus dalam menghadapi gempa bumi dan tsunami seperti pada selter yang dibangun pada yang berlokasi pada Pantai Pangandaran.

Model Jalur Evakuasi Bencana Tsunami dari Lokasi Rawan Bencana Menuju Selter Evakuasi



Gambar 4. Model Jalur Evakuasi Tsunami dari Lokasi Rawan Menuju Selter evakuasi Bencana Tsunami

Sumber: Diolah Peneliti, 2020

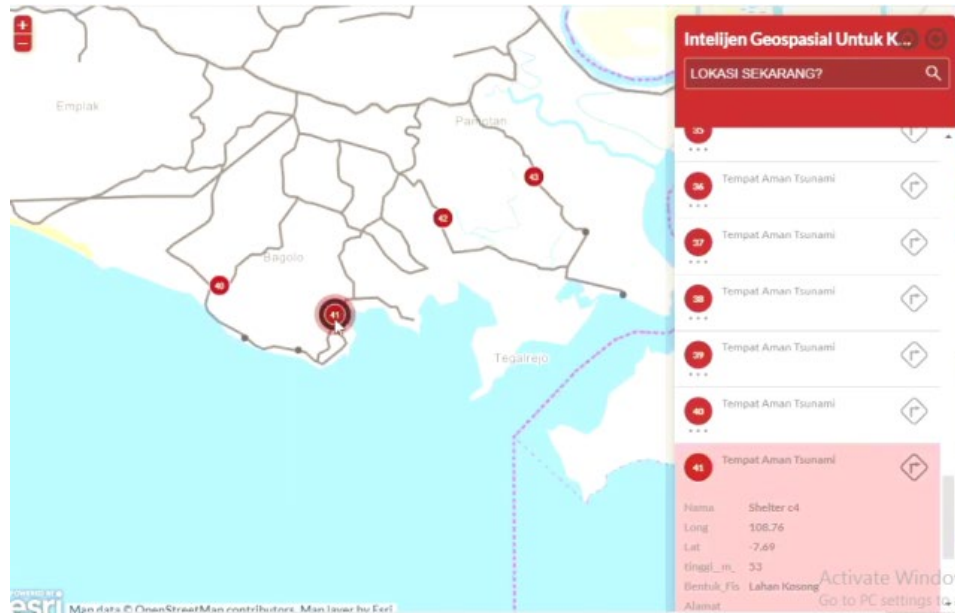
Data Jalan, lokasi-lokasi rawan bencana, dan selter evakuasi yang telah tersedia diolah untuk mendapatkan model jalur evakuasi dari lokasi rawan bencana menuju selter evakuasi. Analisis jalur evakuasi bencana tsunami menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.3. Teknik pengolahan yakni dengan cara mengoverlay beberapa layer seperti peta rupabumi Kabupaten Pangandaran dalam bentuk area, lokasi rawan tsunami dalam bentuk point, selter evakuasi tsunami dalam bentuk point, dan jalan di Pangandaran dalam bentuk line.

Dalam mencari jalur terpendek, digunakan tools network analyst bagian nearest path. Perlu di atur titik awal dan titik akhir dengan menghindarkan jembatan sebagai jalur yang harus dilalui.

Lokasi rawan bencana tsunami dijadikan sebagai titik awal sementara selter evakuasi dijadikan titik akhir. Setelah diatur sedemikian rupa, maka perangkat lunak ArcGIS akan memproses data-data tersebut sehingga menghasilkan jalur evakuasi dengan jarak terpendek yang menghindari jembatan. Terdapat berbagai informasi seperti jumlah serta panjang jalur yang akan dilalu

Model Jalur Evakuasi Berbasis Geospatial Intelligence dalam bentuk Dinamis

Tampilan analisis Geoint pada dasarnya terbagi menjadi dua bentuk, yakni bentuk statis dan bentuk dinamis. Contoh tampilan Geoint dalam bentuk statis yakni model spasial dalam bentuk peta seperti yang tertera pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Selter evakuasi Tsunami Berbasis Geoint dalam Bentuk Dinamis

Sumber: Diolah Peneliti, 2020

Dalam penelitian ini juga dibuat tampilan Geoint dalam bentuk dinamis, yakni berupa website yang berisi database yang terkait. Dalam menciptakan tampilan tersebut, digunakan teknik Cloud Computing dimana internet sebagai tempat menyimpan dan mengolah data. ArcGIS Online digunakan sebagai tools untuk pembuatan website tersebut. ArcGIS Online juga menyediakan peta dasar seluruh dunia yang digunakan dalam pengolahan data ini.

Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah ditentukan posisi selter alternatif menggunakan analisis Geoint. Analisis yang digunakan yakni analisis spasial dengan cara tumpang susun beberapa

parameter yang telah ditentukan. Hasil yang didapatkan, diperoleh 42 selter alternatif evakuasi dan 1 selter utama.

2. Telah dimodelkan jalur evakuasi tsunami menggunakan perangkat lunak ArcGIS dan ArcGIS Online melalui analisis spasial dari berbagai parameter yang telah ditentukan. Hasil analisis berbasis Geoint disajikan dalam bentuk statis dan dinamis.

Selanjutnya Rekomendasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Beberapa lokasi rawan tsunami masih terlalu jauh dijangkau selter evakuasi. Maka dari itu, perlu dibangun selter evakuasi yang tahan gempa bumi maupun tsunami seperti pada Gambar 4.6.

2. Perlu dibuat peta tentang jalur evakuasi pada setiap lokasi rawan tsunami seperti pada Gambar 4.9, sebagai langkah pengurangan risiko bencana tsunami.
3. Pada penelitian selanjutnya, perlu adanya pengembangan untuk layanan website berbasis Geospasial Intelligence.
4. Perlu diadakan pelatihan khusus mengenai pemanfaatan produk penelitian agar produk penelitian ini dapat dimanfaatkan secara optimal.

Daftar Pustaka

Buku

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2016). Risiko Bencana Indonesia. Jakarta.
- Budiardjo. (2006). Evacuation Shelter Building Planning for Tsunami-prone Area: a Case Study of Meulaboh City, Indonesia. Program Magister Fakultas Geo-information Science and Earth Observation, University of Twente.
- Creswell, John. (2010). Research Design. Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed. Edisi Ketiga. Alih Bahasa oleh Achmad Fawaid. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. (2014). Doktrin Pertahanan Negara. Jakarta.
- Supriyanto, Makmur. (2014). Tentang Ilmu Pertahanan. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.

Sutanto. (2016). Metode Penelitian Penginderaan Jauh. Yogyakarta. Penerbit Ombak. Hal 61

Jurnal

- Pratomo, Aris, dan Iwan Rudiarto. 2013." Permodelan Tsunami dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana di Kota Palu". Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota. Vol 9(2). Pp 174-182.
- Prihantoro, D., Sagala Saut A.H.2014." Perencanaan Evakuasi Tsunami Menggunakan Selter Vertikal di Kelurahan Cilacap, Kecamatan Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Vol 3(1).
- Rahmawan, Sofyan. 2012." Studi Potensi Bahaya Tsunami di Selatan Jawa". Tim Publikasi Program Studi Meteorologi Institut Teknologi Bandung.
- Sutikno, Sigit. 2012." Kajian Penentuan Lokasi Selter untuk Evakuasi Tsunami Berdasarkan Analisis Service Area di Kota Pacitan". Jurnal Sains dan Teknologi, vol 11(2).

Website

- Badan Pusat Statistik Jawa Barat." Jumlah Kunjungan Wisatawan ke Objek Wisata". Retrieved from <https://jabar.bps.go.id/statistictable/2018/03/23/475/jumlah-kunjungan-wisatawan-ke-obyekwisata.html>, diakses tanggal 15 April 2019
- Badan Pusat Statistik. "Luas Daerah dan Jumlah Pulau Menurut Provinsi 2002-2016." Retrieved from <https://www.bps.go.id/statistictable/2014/09/05/1366/luas-daerah-dan-jumlah-pulau-menurut-provinsi-2002-2016.html>, diakses pada 15 April 2019.

Sumariyah,” Mitigasi Tsunami.”
Retrieved from
[https://bpbd.pangandarankab.go.id
/news/mitigasi-tsunami/](https://bpbd.pangandarankab.go.id/news/mitigasi-tsunami/), diakses
tanggal 1 September 2019.